

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-138418

(43)公開日 平成11年(1999) 5月25日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

B 2 4 B 37/00

B 2 4 B 37/00

A

H 0 1 L 21/304

6 2 2

H 0 1 L 21/304

6 2 2 M

審査請求 有 請求項の数 8 O L (全 14 頁)

(21)出願番号 特願平10-232485

(22)出願日 平成10年(1998) 8月19日

(31)優先権主張番号 特願平9-236919

(32)優先日 平9(1997) 9月2日

(33)優先権主張国 日本 (J P)

(71)出願人 000005843

松下電子工業株式会社

大阪府高槻市幸町1番1号

(72)発明者 吉田 英朗

大阪府高槻市幸町1番1号 松下電子工業株式会社内

(72)発明者 濱中 雅司

大阪府高槻市幸町1番1号 松下電子工業株式会社内

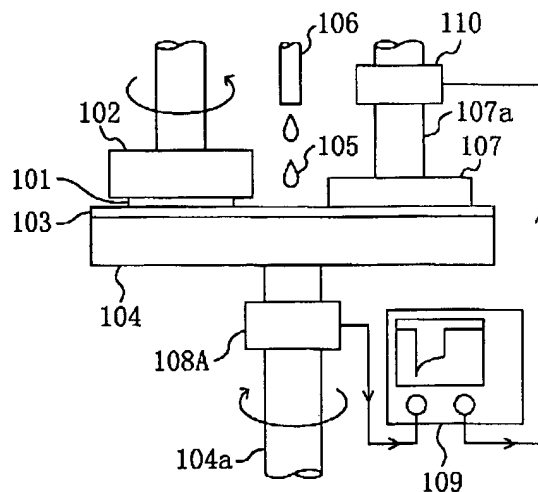
(74)代理人 弁理士 前田 弘 (外2名)

(54)【発明の名称】 化学的機械研磨装置及び化学的機械研磨方法

(57)【要約】

【課題】 研磨面の粗さの状態に応じて研磨パッドに対してドレッシングを行なえるようにして、基板に対する研磨レートのはらつきを低減する。

【解決手段】 基板101は回転する基板ホルダー102に保持されている。研磨パッド103は回転する研磨定盤104に貼着されている。研磨剤105は研磨剤供給管106から研磨パッド103の上に滴下される。研磨パッド103の上方には回転可能なドレッサー107が配置されている。トルク検出装置108Aは、研磨定盤104の回転トルクを検出し、検出した回転トルクを回転トルク信号として出力する。トルクモニター109は、入力された回転トルク信号を定量化し、定量化した測定トルク値と予め記憶している基準トルク値とを比較し、測定トルク値が基準トルク値よりも小さくなると、トルク変化信号を出力する。ドレッサー制御手段110は、トルク変化信号の入力を受けると、ドレッサー107に研磨パッド103に対するドレッシングを行なわせる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 回転可能に設けられた研磨定盤と、  
前記研磨定盤に固定された研磨パッドと、  
前記研磨パッドの上に研磨剤を供給する研磨剤供給手段と、  
前記研磨パッドの上方に回転可能に設けられており、研  
磨の対象となる基板を保持すると共に保持した基板を前  
記研磨パッドに押し付けて研磨する基板ホルダーと、  
前記研磨パッドの上方に回転可能に設けられており、前  
記研磨パッドをドレッシングするドレッサーと、  
前記研磨定盤の回転トルク及び前記基板ホルダーの回転  
トルクのうちの少なくとも1つの回転トルクを検出する  
トルク検出手段と、  
前記トルク検出手段が検出した回転トルクが所定値以下  
であるときに、前記ドレッサーに前記研磨パッドをドレ  
ッシングさせるドレッサー制御手段とを備えていること  
を特徴とする化学的機械研磨装置。  
【請求項2】 回転可能に設けられた研磨定盤と、  
前記研磨定盤に固定された研磨パッドと、  
前記研磨パッドの上に研磨剤を供給する研磨剤供給手段  
と、  
前記研磨パッドの上方に回転可能に設けられており、研  
磨の対象となる基板を保持すると共に保持した基板を前  
記研磨パッドに押し付けて研磨する基板ホルダーと、  
前記研磨パッドの上方に回転可能に設けられており、前  
記研磨パッドをドレッシングするドレッサーと、  
前記研磨定盤の回転トルク、前記基板ホルダーの回転ト  
ルク及び前記ドレッサーの回転トルクのうちの少なくと  
も1つの回転トルクを検出するトルク検出手段と、  
前記トルク検出手段が検出した回転トルクが所定値より  
も小さいときに、前記ドレッサーの回転速度、前記ドレ  
ッサーの前記研磨パッドに対する押圧力及び前記ドレ  
ッサーが前記研磨パッドをドレッシングする時間のうち  
の少なくとも1つを増加させるドレッサー制御手段とを備  
えていることを特徴とする化学的機械研磨装置。  
【請求項3】 前記トルク検出手段により検出された回  
転トルクを時間について積分して回転トルク積分値を求  
め、該回転トルク積分値が所定値に達したときに、前記  
基板ホルダーが保持した基板を前記研磨パッドに押し付  
けて研磨する動作を停止させる研磨制御手段をさらに備  
えていることを特徴とする請求項1又は2に記載の化学  
的機械研磨装置。  
【請求項4】 回転する研磨定盤に固定された研磨パ  
ッドの上に研磨剤を供給しながら、基板を保持している基  
板ホルダーを回転させると共に前記研磨パッドに接近さ  
せて前記基板を前記研磨パッドに押し付けることによ  
り、前記基板を研磨する研磨工程と、  
前記研磨定盤の回転トルク及び前記基板ホルダーの回転  
トルクのうちの少なくとも1つの回転トルクを検出する  
トルク検出工程と、

前記トルク検出工程において検出された回転トルクが所  
定値以下であるときに、前記研磨パッドに対してドレ  
ッシングを行なうドレッシング工程とを備えていることを  
特徴とする化学的機械研磨方法。

【請求項5】 回転する研磨定盤に固定された研磨パ  
ッドの上に研磨剤を供給しながら、基板を保持している基  
板ホルダーを回転させると共に前記研磨パッドに接近さ  
せて前記基板を前記研磨パッドに押し付けることによ  
り、前記基板を研磨する研磨工程と、

10 回転するドレッサーを前記研磨パッドに押し付けて前記  
研磨パッドをドレッシングするドレッシング工程と、  
前記研磨定盤の回転トルク、前記基板ホルダーの回転ト  
ルク及び前記ドレッサーの回転トルクのうちの少なくと  
も1つの回転トルクを検出するトルク検出工程と、  
前記トルク検出工程において検出された回転トルクが所  
定値よりも小さいときに、前記ドレッサーの回転速度、  
前記ドレッサーの前記研磨パッドに対する押圧力及び前  
記ドレッサーが前記研磨パッドをドレッシングする時間  
のうちの少なくとも1つからなる処理条件を増加させる  
ドレッサー制御工程とを備えていることを特徴とする化  
学的機械研磨方法。

【請求項6】 前記トルク検出工程において検出された  
回転トルクを時間について積分して回転トルク積分値を  
求め、該回転トルク積分値が所定値に達したときに、前  
記研磨工程において前記基板を研磨する動作を停止させ  
る研磨停止工程をさらに備えていることを特徴とする請  
求項4又は5に記載の化学的機械研磨方法。

【請求項7】 前記ドレッサー制御工程は、前記トルク  
検出工程において検出された回転トルクが前記所定値と  
ほぼ等しいときには、前記処理条件を変更しない工程を  
含むことを特徴とする請求項5に記載の化学的機械研磨  
方法。

【請求項8】 前記ドレッサー制御工程は、前記処理条  
件を増加させた後に前記トルク検出工程において検出さ  
れた回転トルクが所定値よりも小さいときには、増加し  
た前記処理条件をさらに増加させる工程を含むことを特  
徴とする請求項5に記載の化学的機械研磨方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

40 【発明の属する技術分野】本発明は、半導体集積回路の  
多層配線工程又は素子分離工程において、半導体基板上  
に堆積された導電膜又は絶縁膜等の堆積膜の表面を平坦  
化するための化学的機械研磨装置及び化学的機械研磨方  
法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】化学的機械研磨を用いると、他の平坦化  
技術、例えばレジストエッチバック法では実現できなか  
った基板の全面に亘る平坦化が可能になるので、化学的  
機械研磨は、微細化が進む半導体集積回路装置の製造工  
50 程における平坦化技術として注目されている。また、化

学的機械研磨を用いると、リソグラフィー工程における焦点深度のずれによる露光ミス、又は凹凸面に形成された配線の信頼性の低下等の問題を解決することができる。

【0003】以下、従来の化学的機械研磨装置について図10を参照しながら説明する。図10は、従来の化学的機械研磨装置の概略構成図である。

【0004】図10に示すように、シリコン基板からなる被研磨基板としての基板1は、回転可能で且つ上下動可能に設けられた基板ホルダー2に保持されていると共に、基板1の表面を研磨する研磨パッド3は、回転運動を行なう研磨定盤4の平坦な表面に貼着されている。研磨剤（スラリー）5は研磨剤供給管6から所定量づつ供給されて研磨パッド3の上に滴下される。

【0005】前記の構成を有する化学機械研磨装置において、研磨剤5を研磨剤供給管6から研磨パッド3の上に滴下しながら、研磨定盤4を回転させて研磨パッド3を回転すると共に、基板ホルダー2を回転させながら降下させると、基板ホルダー2に保持されている基板1は研磨パッド3と摺接するので、基板1の表面は研磨される。尚、図10に示す化学的機械研磨装置は、1個の基板ホルダー2を有しているため、1度の研磨工程で1枚の基板1を研磨する方式であるが、化学的機械研磨装置が複数の基板ホルダー2を有している場合には、1度の研磨工程で複数枚の基板1を並行して研磨することができる。

【0006】ところで、多数の基板1を研磨パッド3に順次摺接させながら研磨を行なうと、研磨時間の経過に伴って研磨パッド3の研磨面に削り屑又は研磨砥粒の固まり等が付着して研磨面が目詰まりを起こすようになるため、研磨パッド3の研磨面が研磨剤5を保持する能力が低下してくる。このため、研磨パッド3と基板1とが接触する研磨領域に保持される研磨剤5の量ひいては研磨剤5に含まれる研磨砥粒の数が減少するので、基板1を研磨する研磨レートが低下してしまう。

【0007】そこで、目詰まりを起こした研磨パッド3をドレッシングによって再活性化して、研磨レートの向上及び安定化を図る必要がある。ドレッシングとは、ダイヤモンド等の微粉が付着されたドレッサー7を回転させながら研磨パッド3に押し付けて、研磨パッド3の目詰まりを解消することにより、研磨パッド3が研磨剤5を保持する能力を回復することである。ドレッシングを定期的に行なうことにより、基板に対する研磨レートを向上できると共に、基板間の研磨レートのばらつきを低減することができる。

【0008】ドレッシング工程は、基板に対する研磨時間が所定時間に達する毎に行なったり、又は研磨を行なった基板の枚数が所定数に達する毎に行なったりしている。また、ドレッシング工程は、基板に対する研磨工程と並行して行なわれたり、基板に対する研磨工程同士の

間に行なわれたりしている。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】ところで、研磨パッドの上に存在しており研磨に寄与する研磨剤の量ひいては研磨砥粒の数は、研磨パッドの研磨面の粗さの状態によって変化するため、基板に対する研磨レートは研磨パッドの研磨面の粗さの状態の変化の影響を大きく受ける。従って、研磨レートを一定に保つためには、研磨パッドの研磨面の粗さの状態を一定に保つことが望まれる。

10 【0010】ところが、従来は研磨パッドの研磨面の粗さの状態を検知する方法がなかったので、前述したように、基板に対する研磨時間が所定時間に達する毎に、又は研磨を行なった基板の枚数が所定数に達する毎にドレッシングを行なっている。

【0011】このため、研磨パッドの研磨面の粗さの状態を一定に保つことができないため、多数の基板に対して順次研磨を行なう場合には、研磨パッドに目詰まりが起きて、研磨レートが徐々に低下したり、基板間で研磨レートがばらついたりするという問題、及び研磨パッドが平滑化して、基板を基板ホルダーに保持して搬送する際に、基板が研磨パッドからはずれていくというトラブルが発生したりするという問題がある。

20 【0012】前記に鑑み、本発明は、研磨パッドの研磨面の粗さの状態を検知し、研磨面の粗さの状態に応じて研磨パッドに対してドレッシングを行なえるようにして、基板に対する研磨レートのばらつきを低減することを目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】そこで、本件発明者らは、研磨パッドの研磨面の粗さの状態は、研磨パッドが固定されている研磨定盤の回転トルクによって検知できるのではないかと考え、基板に対する研磨レートと研磨定盤の回転トルクとの関係について検討を行なった。ここで、研磨定盤の回転トルクとは、研磨定盤の回転軸のまわりにおける力のモーメントのことである。回転軸のまわりのある一点における位置ベクトルを $r$ 、その一点を始点とする回転駆動力ベクトルを $A$ とすると、回転トルク $T$ は $r$ と $A$ とのベクトル積で表わされ、 $T=r \times A$ の関係が成り立つ。

40 【0014】化学的機械研磨においては、位置ベクトル $r$ の大きさは一定であると共に、回転駆動力ベクトル $A$ の大きさは、研磨パッドと基板との摩擦력에比例する。また、回転駆動力ベクトル $A$ の方向は、研磨定盤ひいては研磨パッドの回転方向と一致する。従って、研磨定盤の回転トルクは、回転駆動力ベクトル $A$ の大きさに比例すると共に、研磨パッドと基板との摩擦력에比例する。従って、研磨定盤の回転トルクをモニターすることにより、研磨パッドと基板との摩擦力ひいては研磨パッドの研磨面の粗さ状態を非破壊的且つ即時に検知することができる。

【0015】図11は、基板に対する研磨工程の直前に研磨パッドに対してドレッシングを行なった場合において、1枚の基板を研磨したときにおける、研磨定盤の回転トルクを計測した信号波形つまり回転トルク信号波形を示している。図11から分かるように、研磨開始の直後においては、研磨パッドに対するドレッシングの効果により大きな回転トルクが得られる。研磨の時間経過に伴って、ドレッシング効果が低下するため回転トルクは或る程度の大きさにまで低下するが、研磨剤を供給し続けることにより、研磨パッドの研磨面における研磨剤の量（研磨砥粒の数）が維持されるので、回転トルクはほぼ一定になる。尚、回転トルクはベクトルであるから方向を有している。図11において、回転トルク信号波形が負方向に現われているのは、研磨定盤の回転方向が研磨パッド側から見て時計方向であるためである。回転トルクの方向は、研磨パッドと基板との摩擦力とは無関係であり、該摩擦力と関係するのは回転トルクの絶対値であるから、以後の説明においては、回転トルクの大きさについては絶対値で示す。

【0016】図12は、基板に対する研磨の直前に研磨パッドに対してドレッシングを行なった場合において、複数枚の基板を順次研磨したときの研磨定盤の回転トルク信号波形を示している。図12から分かるように、各基板に対する研磨定盤の回転トルク信号波形の振幅は、基板に対する研磨が順次進むにつれて減少する。すなわち、研磨が順次進行するに伴って回転トルクは減少していく。研磨の進行に伴って回転トルクが減少する原因は、研磨パッドの研磨面における目詰まりが進行して研磨に寄与する研磨砥粒の数が減少するためであると考えられる。

【0017】図13は、基板の処理枚数と研磨レートとの関係を示しており、研磨レートとは、所定時間当たりの膜厚の減少量をいう。図13から分かるように、研磨の進行に伴って研磨レートが低減している。研磨レートの低減は、図12に示す回転トルク信号波形の振幅の減少と対応する。多数の基板に対して順次研磨を行なうと、研磨の進行に伴って目詰まりが進行するので、回転トルクが減少すると共に研磨レートが低減することが分かる。

【0018】本発明は、前記の知見に基づいてなされたものであって、具体的には、以下の化学的機械研磨装置及び化学的機械研磨方法によって実現される。

【0019】本発明に係る第1の化学的機械研磨装置は、回転可能に設けられた研磨定盤と、研磨定盤に固定された研磨パッドと、研磨パッドの上に研磨剤を供給する研磨剤供給手段と、研磨パッドの上方に回転可能に設けられており、研磨の対象となる基板を保持すると共に保持した基板を研磨パッドに押し付けて研磨する基板ホルダーと、研磨パッドの上方に回転可能に設けられており、研磨パッドをドレッシングするドレッサーと、研

磨定盤の回転トルク及び基板ホルダーの回転トルクのうちの少なくとも1つの回転トルクを検出するトルク検出手段と、トルク検出手段が検出した回転トルクが所定値以下であるときに、ドレッサーに研磨パッドをドレッシングさせるドレッサー制御手段とを備えている。

【0020】第1の化学的機械研磨装置によると、基板に対する研磨の進行に伴って研磨パッドの研磨面に目詰まりが起きると、基板と研磨パッドとの摩擦力が低下するため、トルク検出手段が検出する回転トルクが所定値以下になるので、ドレッサー制御手段はドレッサーを駆動して研磨パッドをドレッシングさせる。

【0021】本発明に係る第2の化学的機械研磨装置は、回転可能に設けられた研磨定盤と、研磨定盤に固定された研磨パッドと、研磨パッドの上に研磨剤を供給する研磨剤供給手段と、研磨パッドの上方に回転可能に設けられており、研磨の対象となる基板を保持すると共に保持した基板を研磨パッドに押し付けて研磨する基板ホルダーと、研磨パッドの上方に回転可能に設けられており、研磨パッドをドレッシングするドレッサーと、研磨定盤の回転トルク、基板ホルダーの回転トルク及びドレッサーの回転トルクのうちの少なくとも1つの回転トルクを検出するトルク検出手段と、トルク検出手段が検出した回転トルクが所定値よりも小さいときに、ドレッサーの回転速度、ドレッサーの研磨パッドに対する押圧力及びドレッサーが研磨パッドをドレッシングする時間のうちの少なくとも1つを増加させるドレッサー制御手段とを備えている。

【0022】第2の化学的機械研磨装置によると、基板に対する研磨の進行に伴って研磨パッドの研磨面に目詰まりが起きると、基板と研磨パッドとの摩擦力が低下するため、トルク検出手段が検出する回転トルクが所定値よりも小さくなるので、ドレッサー制御手段はドレッサーの回転速度、ドレッサーの研磨パッドに対する押圧力及びドレッサーが研磨パッドをドレッシングする時間のうちの少なくとも1つを増加させる。

【0023】第1又は第2の化学的機械研磨装置において、トルク検出手段により検出された回転トルクを時間について積分して回転トルク積分値を求め、該回転トルク積分値が所定値に達したときに、基板ホルダーが保持した基板を研磨パッドに押し付けて研磨する動作を停止させる研磨制御手段をさらに備えていることが好ましい。

【0024】本発明に係る第1の化学的機械研磨方法は、回転する研磨定盤に固定された研磨パッドの上に研磨剤を供給しながら、基板を保持している基板ホルダーを回転させると共に研磨パッドに接近させて基板を研磨パッドに押し付けることにより、基板を研磨する研磨工程と、研磨定盤の回転トルク及び基板ホルダーの回転トルクのうちの少なくとも1つの回転トルクを検出するトルク検出工程と、トルク検出工程において検出された回

転トルクが所定値以下であるときに、研磨パッドに対してドレッシングを行なうドレッシング工程とを備えている。

【0025】第1の化学的機械研磨方法によると、基板に対する研磨の進行に伴って研磨パッドの研磨面に目詰まりが起きると、基板と研磨パッドとの摩擦力が低下するため、トルク検出工程において検出される回転トルクが所定値以下になるので、研磨パッドに対してドレッシングが行なわれる。

【0026】本発明に係る第2の化学的機械研磨方法は、回転する研磨定盤に固定された研磨パッドの上に研磨剤を供給しながら、基板を保持している基板ホルダーを回転させると共に研磨パッドに接近させて基板を研磨パッドに押し付けることにより、基板を研磨する研磨工程と、回転するドレッサーを研磨パッドに押し付けて研磨パッドをドレッシングするドレッシング工程と、研磨定盤の回転トルク、基板ホルダーの回転トルク及びドレッサーの回転トルクのうちの少なくとも1つの回転トルクを検出するトルク検出工程と、トルク検出工程において検出された回転トルクが所定値よりも小さいときに、ドレッサーの回転速度、ドレッサーの研磨パッドに対する押圧力及びドレッサーが研磨パッドをドレッシングする時間のうちの少なくとも1つからなる処理条件を増加させるドレッサー制御工程とを備えている。

【0027】第2の化学的機械研磨方法によると、基板に対する研磨の進行に伴って研磨パッドの研磨面に目詰まりが起きると、基板と研磨パッドとの摩擦力が低下するため、トルク検出工程において検出される回転トルクが所定値よりも小さくなるので、ドレッサーの回転速度、ドレッサーの研磨パッドに対する押圧力及びドレッサーが研磨パッドをドレッシングする時間のうちの少なくとも1つからなる処理条件が増加する。

【0028】第1又は第2の化学的機械研磨方法は、トルク検出工程において検出された回転トルクを時間について積分して回転トルク積分値を求め、該回転トルク積分値が所定値に達したときに、研磨工程において基板を研磨する動作を停止させる研磨停止工程をさらに備えていることが好ましい。

【0029】第2の化学的機械研磨方法において、ドレッサー制御工程は、トルク検出工程において検出された回転トルクが所定値とほぼ等しいときには、処理条件を変更しない工程を含むことが好ましい。

【0030】第2の化学的機械研磨方法において、ドレッサー制御工程は、処理条件を増加させた後にトルク検出工程において検出された回転トルクが所定値よりも小さいときには、増加した処理条件をさらに増加させる工程を含むことが好ましい。

【0031】

【発明の実施の形態】(第1の実施形態)以下、本発明の第1の実施形態に係る化学的機械研磨装置及び化学的

機械研磨方法について、図1及び図2を参照しながら説明する。

【0032】図1は、第1の実施形態に係る化学的機械研磨装置の全体構成を示しており、図1に示すように、シリコン基板からなる被研磨基板としての基板101は、回転可能で且つ上下動可能に設けられた基板ホルダー102に保持されている。基板101の表面には例えばシリコン酸化膜からなる被研磨膜が堆積されている。基板101の被研磨膜を研磨する研磨パッド103は、回転運動を行なう研磨定盤104の平坦な表面に貼着されている。研磨剤(スラリー)105は研磨剤供給管106から所定量づつ供給されて研磨パッド103の上に滴下される。

【0033】第1の実施形態に係る化学的機械研磨装置において、研磨剤105を研磨剤供給管106から研磨パッド103の上に滴下しながら、研磨定盤104を回転させて研磨パッド103を回転すると共に、基板ホルダー102を回転させながら降下させると、基板ホルダー102に保持されている基板101の被研磨膜は研磨パッド3と摺接するので、基板101の被研磨膜は研磨される。

【0034】研磨パッド103の上方には回転可能で且つ上下動可能に設けられたドレッサー107が配置されており、該ドレッサー107は、研磨パッド103の研磨面と摺接することにより、削り屑又は研磨剤に含まれる研磨砥粒等によって目詰まりを起こした研磨パッド103の研磨面の目粗しを行なって、研磨パッド103の研磨面が研磨剤を保持する能力を回復する。

【0035】第1の実施形態の特徴として、研磨定盤104の回転軸104aには、該回転軸104aの回転トルクを検出するトルク検出装置108Aが取り付けられており、トルク検出装置108Aは、研磨定盤104の回転軸104aの回転トルクを連続して検出し、検出した回転トルクを回転トルク信号として出力する。

【0036】トルク検出装置108Aから出力される回転トルク信号はトルクモニター109に出力され、トルクモニター109は、入力された回転トルク信号を定量化し、定量化した回転トルク値を測定トルク値として記憶しておくと共に記憶した測定トルク値と予め記憶している基準トルク値(所定値)とを比較し、測定トルク値が基準トルク値以下になると、トルク変化信号を出力する。トルク検出装置108Aが検出する回転トルクは、研磨パッド103の研磨面の粗さ状態を表わしているので、トルクモニター109が定量化した測定トルク値は、研磨パッド103の研磨面の定量化された粗さ状態を示すことになる。例えば、測定トルク値が基準トルク値以下になるということは、研磨パッド103の研磨面に削り屑又は研磨砥粒の固まり等が付着して研磨パッド103の研磨面が目詰まりを起こしていること、つまり研磨パッド103の研磨面の目詰まり状態が所定の基準

を超えていることを意味する。

【0037】ドレッサー107の回転軸107aには、ドレッサー107の回転運動及び上下動運動を制御するドレッサー制御手段110が取り付けられている。ドレッサー制御手段110は、トルクモニター109からトルク変化信号の入力を受けると、ドレッサー107の回転数（回転速度）、ドレッサー107の研磨パッド103に対する押圧力、及びドレッサー107と研磨パッド103との接触時間からなる処理条件を設定して、ドレッサー107に研磨パッド103に対するドレッシングを行なわせる。

【0038】以下、ドレッサー制御手段110によるドレッサー107に対する制御方法について具体的に説明する。

【0039】例えば、1ロット当たり例えば25枚の基板を順次研磨する場合において、研磨パッド103に目詰まりが起きると、ある基板例えば5枚目の基板に対する研磨の途中において、トルクモニター109は、測定トルク値が基準トルク値以下になったと判断してトルク変化信号を出力する。ドレッサー制御手段110は、トルク変化信号の入力を受けると、研磨中の基板に対する研磨が完了したタイミングで、ドレッサー107の回転数、研磨パッド103に対する押圧力、及び研磨パッド103との接触時間等を設定して、ドレッサー107に研磨パッド103に対するドレッシングを行なわせる。研磨パッド103に対するドレッシングが終了して、研磨パッド103の目詰まりが解消すると、1ロットに含まれる残りの基板例えば6枚目の基板に対する研磨が続行される。このような工程を繰り返すことにより、1ロットに含まれる残りの基板に対しては、ドレッシングによって目詰まりが除去された、つまり初期状態に戻った研磨パッド103により研磨が行なわれるので、1ロットに含まれるすべての基板に対する研磨レートのばらつきが低減することになる。

【0040】尚、第1の実施形態においては、ドレッサー制御手段110は、現在研磨中の基板に対する研磨が完了したタイミングで、ドレッサー107を制御してドレッシングを行なわせたが、これに代えて、基板に対する研磨が行なわれている時間帯にドレッシングを並行して行なわせてもよい。

【0041】図2は、第1の実施形態に係る化学的機械研磨方法により、複数枚の基板に対して順次研磨を行なった場合において、トルク検出装置108Aにより検出された研磨定盤104の回転軸104aの回転トルクの波形を示している。図2から分かるように、順次研磨される複数枚の基板に対する回転トルクの波形の振幅及び形状が一定しているので、各基板に対する研磨レートも一定に保たれていることが分かる。

【0042】第1の実施形態によると、トルクモニター109は、トルク検出装置108Aから出力される研磨

定盤104の回転軸104aの回転トルク信号を測定トルク値として定量化し、測定トルク値が基準トルク値以下になると、トルク変化信号を出力すると共に、ドレッサー制御手段110は、トルクモニター109からトルク変化信号の入力を受けると、ドレッサー107に研磨パッド103に対するドレッシングを行なわせるため、研磨パッド103の研磨面が目詰まり状態になると研磨パッド103はドレッサー107によりドレッシングされるので、研磨パッド103の研磨面の粗さ状態はほぼ一定に保たれる。このため、基板間の研磨レートのばらつきが低減するので、各基板に対して同じ時間だけ研磨することにより、設計通りの研磨を行なうことができる。従って、基板に対する化学機械研磨工程における歩留まりが向上する。

【0043】（第2の実施形態）以下、本発明の第2の実施形態に係る化学的機械研磨装置及び化学的機械研磨方法について、図3を参照しながら説明する。

【0044】図3は第2の実施形態に係る化学的機械研磨装置の全体構成を示しており、第2の実施形態においては、図1に示した第1の実施形態と同様の部材については、同一の符号を付すことにより説明を省略する。

【0045】第2の実施形態の特徴として、基板ホルダー102の回転軸102aには、該回転軸102aの回転トルクを検出するトルク検出装置108Bが取り付けられており、トルク検出装置108Bは、基板ホルダー102の回転軸102aの回転トルクを連続して検出し、検出した回転トルクを回転トルク信号として出力する。トルク検出装置108Bから出力される回転トルク信号は、第1の実施形態と同様、トルクモニター109に出力され、トルクモニター109は測定トルク値が基準トルク値以下になるとトルク変化信号を出力する。ドレッサー制御手段110は、トルクモニター109からトルク変化信号の入力を受けると、ドレッサー107の回転数（回転速度）、研磨パッド103に対する押圧力、及び研磨パッド103との接触時間等を設定して、ドレッサー107に研磨パッド103に対するドレッシングを行なわせる。

【0046】トルク検出装置108Bが検出する回転トルクは、研磨パッド103の研磨面の粗さ状態を表わしているので、トルクモニター109が定量化した測定トルク値は、研磨パッド103の研磨面の定量化された粗さ状態を示すことになる。

【0047】第2の実施形態によると、トルクモニター109は、トルク検出装置108Bから出力される基板ホルダー102の回転軸102aの回転トルク信号を測定トルク値として定量化し、測定トルク値が基準トルク値以下になると、トルク変化信号を出力すると共に、ドレッサー制御手段110は、トルクモニター109からトルク変化信号の入力を受けると、ドレッサー107に研磨パッド103に対するドレッシングを行なわせるた

## 11

め、研磨パッド103の研磨面は目詰まり状態になるとドレッサー107によりドレッシングされるので、研磨パッド103の研磨面の粗さ状態はほぼ一定に保たれる。このため、基板間の研磨レートのばらつきが低減し、設計通りの研磨を行なうことができるので、基板に対する化学機械研磨工程における歩留まりが向上する。

【0048】尚、第2の実施形態においては、ドレッサー制御手段110は、現在研磨中の基板に対する研磨が完了したタイミングで、ドレッサー107を制御してドレッシングを行なわせたが、これに代えて、基板に対する研磨が行なわれている時間帯にドレッシングを並行して行なわせてもよい。

【0049】また、第2の実施形態においては、1個の基板ホルダー102が設けられていたが、これに代えて、複数個の基板ホルダー102を設け、各基板ホルダー102の回転軸102aに、各回転軸102aの回転トルクを検出するトルク検出装置108Bを取り付けてもよい。この場合には、各トルク検出装置108Bから出力される回転トルク信号はトルクモニター109に入力され、トルクモニター109は、各トルク検出装置108Bから出力される基板ホルダー102の回転軸102aの回転トルク信号を測定トルク値として定量化すると共に、測定トルク値の平均値を算出し、測定トルク値の平均値が基準トルク値よりも小さくなると、トルク変化信号を出力する。

【0050】このようにすると、複数枚の基板を同時に研磨するバッチ式の化学的機械研磨装置において、同時に研磨される複数枚の基板に対する研磨レートのばらつきをも低減することができる。

【0051】（第3の実施形態）以下、本発明の第3の実施形態に係る化学的機械研磨装置及び化学的機械研磨方法について、図4を参照しながら説明する。

【0052】図4は第3の実施形態に係る化学的機械研磨装置の全体構成を示しており、第3の実施形態においては、図1に示した第1の実施形態と同様の部材については、同一の符号を付すことにより説明を省略する。

尚、第3の実施形態は、基板101に対する研磨とドレッサー107による研磨パッド103に対するドレッシングとを並行して行なう場合を前提としている。

【0053】第3の実施形態の特徴として、ドレッサー107の回転軸107aには、該回転軸107aの回転トルクを検出するトルク検出装置108Cが取り付けられており、トルク検出装置108Cは、ドレッサー107の回転軸107aの回転トルクを連続して検出し、検出した回転トルクを回転トルク信号として出力する。トルク検出装置108Cから出力される回転トルク信号は、第1の実施形態と同様、トルクモニター109に出力され、トルクモニター109は測定トルク値が基準トルク値よりも小さくなるとトルク変化信号を出力する。ドレッサー制御手段110は、トルクモニター109から

## 12

らトルク変化信号の入力を受けると、ドレッサー107の回転数（回転速度）、研磨パッド103に対する押圧力、及び研磨パッド103との接触時間からなる処理条件のうちの少なくとも1つの処理条件を増加することにより、ドレッサー107の研磨パッド103に対するドレッシングを増進させる。

【0054】トルク検出装置108Cが検出する回転トルクは、研磨パッド103の研磨面の粗さ状態を表わしているので、トルクモニター109が定量化した測定トルク値は、研磨パッド103の研磨面の定量化された粗さ状態を示すことになる。

【0055】第3の実施形態によると、トルクモニター109は、トルク検出装置108Cから出力されるドレッサー107の回転軸107aの回転トルク信号を測定トルク値として定量化し、測定トルク値が基準トルク値よりも小さくなると、トルク変化信号を出力すると共に、ドレッサー制御手段110は、トルクモニター109からトルク変化信号の入力を受けると、ドレッサー107の回転数、研磨パッド103に対する押圧力、及び研磨パッド103との接触時間からなる処理条件のうちの少なくとも1つの処理条件を増加して、研磨パッド103に対して行なうドレッシングを増進させるため、研磨パッド103の研磨面は目詰まり状態になるとドレッサー107によるドレッシングが増進されるので、研磨パッド103の研磨面の粗さ状態はほぼ一定に保たれる。このため、基板間の研磨レートのばらつきが低減し、設計通りの研磨を行なうことができるので、基板に対する化学機械研磨工程における歩留まりが向上する。

【0056】（第4の実施形態）以下、本発明の第4の実施形態に係る化学的機械研磨装置及び化学的機械研磨方法について、図5及び図6を参照しながら説明する。

【0057】図5は第4の実施形態に係る化学的機械研磨装置の全体構成を示しており、第4の実施形態においては、図1に示した第1の実施形態と同様の部材については、同一の符号を付すことにより説明を省略する。

【0058】第4の実施形態においては、第1の実施形態と同様、研磨定盤104の回転軸104aには、該回転軸104aの回転トルクを検出するトルク検出装置108Aが取り付けられており、トルク検出装置108Aは、研磨定盤104の回転軸104aの回転トルクを連続して検出し、検出した回転トルクを回転トルク信号として出力する。

【0059】第4の実施形態の特徴として、トルク検出装置108Aから出力される回転トルク信号は、トルクモニター109に出力されると共に研磨制御装置111にも出力される。第1の実施形態と同様、トルクモニター109は測定トルク値が基準トルク値よりも小さくなるとトルク変化信号を出力し、ドレッサー制御手段110は、トルクモニター109からトルク変化信号の入力を受けると、ドレッサー107の回転数（回転速度）、

## 13

研磨パッド103に対する押圧力、及び研磨パッド103との接触時間を設定して、ドレッサー107に研磨パッド103に対するドレッシングを行なわせる。

【0060】研磨制御装置111は、複数枚の基板に対して順次研磨を行なう場合において、各基板に対する研磨工程毎に、入力された回転トルク信号を定量化し、定量化した回転トルク値を時間について積分し、積分値を回転トルク積分値として記憶しておくと共に、記憶した回転トルク積分値と予め記憶している基準トルク値(所定値)とを比較し、回転トルク積分値が基準トルク値に達すると研磨停止信号112を出力する。予め記憶している基準トルク値とは、基板に対して設計通りの研磨量を研磨したことを示す値である。

【0061】研磨制御装置111から出力される研磨停止信号112は、基板ホルダー102を上昇させる駆動手段に入力され、該駆動手段は基板ホルダー102を上昇させるので、基板ホルダー102に保持されている基板101は研磨パッド103から離脱するので、基板101に対する研磨は終了する。

【0062】化学的機械研磨においては、基板101と研磨パッド103との摩擦係数が大きいほど、回転駆動力ベクトルAが大きいので回転トルクTも大きい。このため、回転トルク信号の振幅が大きいほど、基板101と研磨布103との摩擦係数が大きくなるので、基板101の研磨レートが大きくなる。従って、定量化した回転トルク値を時間について積分した積分値は、基板101に対する研磨量に相当する。

【0063】図6は、研磨制御装置111が定量化した回転トルク値を積分する方法を示しており、研磨制御装置111は、トルク検出装置108Aから入力された回転トルク信号を定量化し、定量化した回転トルク値を所定の周期毎にサンプリング値として記憶すると共に記憶したサンプリング値を積算することにより、回転トルク積分値を求める。図6に示すように、回転トルク信号波形の面積は、所定の周期と所定の周期毎の回転トルク値のサンプリング値とによって決まる各長方形の各面積の和として求められる。この方法は一般に区分求積法と呼ばれているものである。

【0064】第4の実施形態によると、複数枚の基板に対して順次研磨を行なう場合において、各基板に対する回転トルク信号波形の面積つまり回転トルク積分値が予め記憶している基準トルク値に達すると、研磨制御装置111が研磨停止信号112を出力して、各基板に対する研磨を終了するため、基板間での研磨量のばらつきを確実に低減できるので、設計通りの研磨を行なうことができる。

【0065】尚、第4の実施形態においては、研磨定盤104の回転軸104aに設けられたトルク検出装置108Aにより研磨定盤104の回転トルクを検出したが、これに代えて、第2の実施形態のように、基板ホル

## 14

ダー102の回転軸102aに設けられたトルク検出装置108Bにより基板ホルダー102の回転トルクを検出してもよいし、第3の実施形態のように、ドレッサー107の回転軸107aに設けられたトルク検出装置108Cによりドレッサー107の回転トルクを検出してもよい。もっとも、ドレッサー107の回転軸107aに設けられたトルク検出装置108Cによって回転トルクを検出する場合には、基板101に対する研磨と研磨パッド103に対するドレッシングとを並行して行なう必要がある。

【0066】(第5の実施形態)以下、本発明の第5の実施形態に係る化学機械的研磨方法について、図1、図7及び図8を参照しながら説明する。尚、第5の実施形態は、基板に対する研磨工程と研磨パッドに対するドレッシング工程とを交互に行なう場合を前提としている。

【0067】以下、図7を参照しながら、ドレッシング及び研磨を行なうタイミング並びに研磨時の回転トルクについて説明する。

【0068】まず、基板に対する研磨を開始する前に、研磨定盤104を回転させて研磨パッド103を回転すると共に、ドレッサー107を回転させながら降下させて、研磨パッド103に対して初期ドレッシングD<sub>0</sub>を行なう。このように、初期ドレッシングD<sub>0</sub>を行なうと、基板に対する研磨を開始する前に、研磨パッド103の研磨面の目詰まりが解消されるので、研磨パッド103は基板に対する研磨を行なうのに適した状態になる。

【0069】次に、ドレッサー107を上昇させた後、研磨パッド103に1回目のスラリー供給S<sub>1</sub>を行なう。その後、1回目のスラリー供給S<sub>1</sub>を継続しながら、基板ホルダー102に保持された基板を研磨パッド103に押し付けて1回目の研磨P<sub>1</sub>を行なうと共に、トルク検出装置108Aにより研磨定盤104の1回目の回転トルクT<sub>1</sub>の検出を行なう。この1回目の回転トルクT<sub>1</sub>の検出は、回転トルクの波形が平坦になった状態つまり回転トルクが定常になったときの値を検出する。基板に対する1回目の研磨P<sub>1</sub>が終了すると1回目のリンスL<sub>1</sub>を行なって研磨パッド103を洗浄する。

【0070】次に、研磨パッド103に対して1回目のドレッシングD<sub>1</sub>を行なう。この場合、1回目の研磨P<sub>1</sub>によってもたらされる研磨パッド103の研磨面の目詰まりは少ないので、1回目のドレッシングD<sub>1</sub>の時間は初期ドレッシングD<sub>0</sub>の時間と等しくする。

【0071】次に、研磨パッド103に2回目のスラリー供給S<sub>2</sub>を行ないながら、基板を研磨パッド103に押し付けて2回目の研磨P<sub>2</sub>を行なうと共に、研磨定盤104の2回目の回転トルクT<sub>2</sub>の検出を行なう。2回目の回転トルクT<sub>2</sub>の検出も、回転トルクが定常になったときの値を検出する。この場合、2回目の回転トルクT<sub>2</sub>の値は1回目の回転トルクT<sub>1</sub>の値よりも小さくな



っている。これは、2回目の研磨 $P_2$ により研磨パッド103の研磨面には目詰まりが起こっているため、基板101と研磨パッド103との摩擦力が小さくなっているためである。基板に対する2回目の研磨 $P_2$ が終了すると、2回目のリンス $L_2$ を行なって研磨パッド103を洗浄する。

【0072】次に、研磨パッド103に対して2回目のドレッシング $D_2$ を行なう。この場合、2回目の回転トルク $T_2$ の値が1回目の回転トルク $T_1$ の値よりも小さいため、2回目の研磨 $P_2$ によって研磨パッド103の研磨面に目詰まりが起きていることが分かるので、基板ホルダー102に加える荷重を変えずに、2回目のドレッシング $D_2$ の時間を1回目のドレッシング $D_1$ の時間よりも長くする。これによって、研磨パッド103の研磨面の目詰まりは解消され、研磨パッド103の研磨面は初期状態に戻る。

【0073】次に、研磨パッド103に3回目のスラリー供給 $S_3$ を行ないながら、基板を研磨パッド103に押し付けて3回目の研磨 $P_3$ を行なうと共に、研磨定盤104の3回目の回転トルク $T_3$ の検出を行なう。3回目の回転トルク $T_3$ の検出も、回転トルクが定常になったときの値を検出する。この場合、2回目のドレッシング $D_2$ の時間を長くして、研磨パッド103の研磨面を初期状態に戻したため、3回目の回転トルク $T_3$ の値は、2回目の回転トルク $T_2$ の値よりも大きくて1回目の回転トルク $T_1$ の値と同程度である。基板に対する3回目の研磨 $P_3$ が終了すると、3回目のリンス $L_3$ を行なって研磨パッド103を洗浄する。

【0074】以下、図8を参照しながら、多数枚の基板に対して順次研磨を行なう場合における、研磨工程における回転トルク及びドレッシング工程における処理時間について説明する。

【0075】まず、図7に示した場合と同様に、研磨パッド103に対して、ドレッサー107により回転トルク $T_{D0}$ で且つ処理時間 $t_0$ の処理条件で初期ドレッシングを行なって、研磨パッド103の研磨面を初期状態にした後、1枚目の基板に対して研磨を行なうと共に研磨定盤104の回転トルク $T_{P1}$ を測定する。以後、1枚目の基板に対して研磨を行なったときの研磨定盤104の回転トルク $T_{P1}$ を初期回転トルク $T_{P1}$ と称する。その後、1枚目の基板に対する研磨後のドレッシングを、回転トルク $T_{D1}$ で処理時間 $t_1$ の処理条件で行なう。この場合、回転トルク $T_{D1}$ は回転トルク $T_{D0}$ と等しく且つ処理時間 $t_1$ は処理時間 $t_0$ と等しい。

【0076】次に、2枚目の基板に対して研磨を行なうと共に研磨定盤104の回転トルク $T_{P2}$ を測定する。この場合、研磨パッド103には目詰まりが起きているため、2枚目の基板に対する回転トルク $T_{P2}$ は初期回転トルク $T_{P1}$ よりも小さくなっている。その後、2枚目の基板に対する研磨後のドレッシングを、回転トルク $T_{D2}$ で

且つ処理時間 $t_2$ の処理条件で行なう。この場合、2枚目の基板の研磨工程における回転トルク $T_{P2}$ が初期回転トルク $T_{P1}$ よりも小さいため、ドレッシング工程においては、回転トルク $T_{D2}$ は回転トルク $T_{D0}$ と等しくするが処理時間 $t_2$ を処理時間 $t_1$ よりも長く設定することにより、研磨パッド103の研磨面を初期状態に戻す。

【0077】次に、3枚目の基板に対して研磨を行なうと共に研磨定盤104の回転トルク $T_{P3}$ を測定する。3枚目の基板に対する研磨工程の前に研磨パッド103の研磨面は初期状態に戻っているため、3枚目の基板に対する回転トルク $T_{P3}$ は初期回転トルク $T_{P1}$ とほぼ等しくなっている。その後、3枚目の基板に対する研磨後のドレッシングを、回転トルク $T_{D3}$ で且つ処理時間 $t_3$ の処理条件で行なう。この場合、3枚目の基板の研磨工程における回転トルク $T_{P3}$ が初期回転トルク $T_{P1}$ とほぼ等しいため、ドレッシング工程においては、回転トルク $T_{D3}$ を回転トルク $T_{D0}$ と等しくすると共に処理時間 $t_3$ も処理時間 $t_2$ と等しくする。

【0078】次に、4枚目以後の基板に対する研磨及び研磨定盤104の回転トルクの測定、並びにその後のドレッシングを繰り返して行なうが、研磨定盤104の回転トルクが初期回転トルク $T_{P1}$ とほぼ等しいときには、その後に行なうドレッシングの処理時間を直前のドレッシングの処理時間と等しくする一方、研磨定盤104の回転トルクが初期回転トルク $T_{P1}$ よりも小さいときには、その後に行なうドレッシングの処理時間を直前のドレッシングの処理時間よりも長くして、研磨パッド107の研磨面を初期状態に戻す。

【0079】例えば、図8に示すように、4枚目の基板に対する研磨工程での研磨定盤104の回転トルク $T_{P4}$ が初期回転トルク $T_{P1}$ とほぼ等しいときには、4枚目の基板に対する研磨後のドレッシングの処理時間 $t_4$ を3枚目の基板に対する研磨後のドレッシングの処理時間 $t_3$ と等しくする。また、 $n$ 枚目の基板に対する研磨工程での研磨定盤104の回転トルク $T_{Pn}$ が初期回転トルク $T_{P1}$ よりも小さいときには、 $n$ 枚目の基板に対する研磨後のドレッシングの処理時間 $t_n$ を直前のドレッシングの処理時間よりも長くする。さらに、 $n+1$ 枚目の基板に対する研磨工程での研磨定盤104の回転トルク $T_{Pn+1}$ が初期回転トルク $T_{P1}$ とほぼ等しいときには、 $n+1$ 枚目の基板に対する研磨後のドレッシングの処理時間 $t_{n+1}$ を $n$ 枚目の基板に対する研磨後のドレッシングの処理時間 $t_n$ と等しくする。

【0080】第5の実施形態によると、基板に対する研磨工程における研磨定盤104の回転トルクが初期回転トルク $T_{P1}$ とほぼ等しいときには、その後に行なうドレッシングの処理時間を直前のドレッシングの処理時間と等しくする一方、研磨定盤104の回転トルクが初期回転トルク $T_{P1}$ よりも小さいときには、研磨パッド107の研磨面が目詰まりを起こしていると分かるので、その

後に行なうドレッシングにおいては、基板ホルダー102に加える荷重並びに基板ホルダー102及び研磨定盤104の回転数を変えずに、処理時間を直前のドレッシングの処理時間よりも長くして、研磨パッド107の研磨面を初期状態に戻すため、基板間の研磨レートを一定に保つことができる。

【0081】尚、第5の実施形態においては、回転定盤104の回転軸104aの回転トルクに基づいてドレッシングの処理条件を設定したが、これに代えて、基板ホルダー102の回転軸102aの回転トルクに基づいて

ドレッシングの処理条件を設定してもよい。

【0082】また、ドレッシングの処理条件の変更は、処理時間の増加によって行なったが、これに代えて、ドレッサー107に加える押圧力の増加、ドレッサー107の回転速度の増加、研磨定盤104の回転速度の増加によって行なってもよいし、これらを組み合わせて行なってもよい。

【0083】(第6の実施形態)以下、本発明の第6の実施形態に係る化学機械的研磨方法について、図1及び図9を参照しながら説明する。尚、第6の実施形態は、

基板に対する研磨工程と研磨パッドに対するドレッシング工程とを並行して行なう場合を前提としている。

【0084】以下、図9を参照しながら、多数枚の基板に対して順次研磨を行なう場合における、研磨工程における回転トルク及びドレッシング工程における荷重(押圧力)について説明する。尚、第6の実施形態においては、各回のドレッシングの処理時間は一定にする。

【0085】まず、研磨パッド103に対して、ドレッサー107に荷重 $G_0$ を加えた状態で初期ドレッシングを行なって、研磨パッド103の研磨面を初期状態に戻す。その後、基板に対して1回目の研磨を行ないながら、研磨定盤104の回転トルク $T_{p1}$ を測定すると共に、ドレッサー107に荷重 $G_1$ を加えた状態で研磨パッド103に対して1回目のドレッシングを行なう。1回目のドレッシングの荷重 $G_1$ は初期ドレッシングの荷重 $G_0$ と等しくする。尚、以後、1回目の研磨における研磨定盤104の回転トルク $T_{p1}$ を初期回転トルク $T_{p1}$ と称する。

【0086】次に、基板に対して2回目の研磨を行ないながら、研磨定盤104の回転トルク $T_{p2}$ を測定すると共に、ドレッサー107に荷重 $G_2$ を加えた状態で研磨パッド103に対して2回目のドレッシングを行なう。この場合、1回目の研磨の回転トルクは初期回転トルク $T_{p1}$ であるため、2回目のドレッシングの荷重 $G_2$ は1回目のドレッシングの荷重 $G_1$ と等しくする。また、2回目の研磨における回転トルク $T_{p2}$ は初期回転トルク $T_{p1}$ よりも小さくなっている。

【0087】次に、基板に対して3回目の研磨を行ないながら、研磨定盤104の回転トルク $T_{p3}$ を測定すると共に、ドレッサー107に荷重 $G_3$ を加えた状態で研磨

パッド103に対して3回目のドレッシングを行なう。この場合、2回目の研磨における回転トルク $T_{p2}$ が初期回転トルク $T_{p1}$ よりも小さいため、3回目のドレッシングの荷重 $G_3$ を2回目のドレッシングの荷重 $G_2$ よりも $\Delta G$ だけ大きくして、研磨パッド103の研磨面を初期状態に戻す。

【0088】次に、基板に対して4回目の研磨を行ないながら、研磨定盤104の回転トルク $T_{p4}$ を測定すると共に、ドレッサー107に荷重 $G_4$ を加えた状態で研磨パッド103に対して4回目のドレッシングを行なう。この場合、3回目の研磨における回転トルク $T_{p3}$ が初期回転トルク $T_{p1}$ とほぼ等しいため、4回目のドレッシングの荷重 $G_4$ は3回目のドレッシングの荷重 $G_3$ と等しくする。3回目のドレッシングの荷重 $G_3$ を2回目のドレッシングの荷重 $G_2$ よりも大きくして、研磨パッド103の研磨面を初期状態に戻しているため、4回目の研磨における回転トルク $T_{p4}$ は初期回転トルク $T_{p1}$ とほぼ等しくなっている。

【0089】次に、基板に対して5回目以降の研磨を行ないながら、研磨定盤104の回転トルクを測定すると共に、ドレッサー107に荷重を加えた状態でドレッシングを行なうが、研磨定盤104の回転トルクが初期回転トルク $T_{p1}$ とほぼ等しいときには、次回に行なうドレッシングの荷重を今回のドレッシングの荷重と等しくする一方、研磨定盤104の回転トルクが初期回転トルク $T_{p1}$ よりも小さいときには、次回に行なうドレッシングの荷重を今回のドレッシングの荷重よりも大きくして、研磨パッド107の研磨面を初期状態に戻す。

【0090】例えば、図9に示すように、基板に対する $n$ 回目の研磨での研磨定盤104の回転トルク $T_{pn}$ が初期回転トルク $T_{p1}$ よりも小さいときには、基板に対する $n+1$ 回目のドレッシングの荷重 $G_{n+1}$ を $n$ 回目のドレッシングの荷重 $G_n$ よりも $\Delta G'$ だけ大きくして、研磨パッド107の研磨面を初期状態に戻す。

【0091】第6の実施形態によると、基板に対する研磨工程における研磨定盤104の回転トルクが初期回転トルク $T_{p1}$ とほぼ等しいときには、次回に行なうドレッシングの荷重を今回のドレッシングの荷重と等しくする一方、研磨定盤104の回転トルクが初期回転トルク $T_{p1}$ よりも小さいときには、研磨パッド107の研磨面が目詰まりを起こしていることが分かるため、次回に行なうドレッシングの荷重を今回のドレッシングの荷重よりも大きくして、研磨パッド107の研磨面を初期状態に戻すので、基板間の研磨レートを一定に保つことができる。

【0092】尚、第6の実施形態においては、回転定盤104の回転軸104aの回転トルクに基づいてドレッシングの処理条件を設定したが、これに代えて、基板ホルダー102の回転トルク又はドレッサー107の回転トルクに基づいてドレッシングの処理条件を設定しても

よい。

【0093】また、第5及び第6の実施形態においては、研磨工程における回転トルクの検出は、回転トルクの波形が平坦になった状態つまり回転トルクが定常になったときの値を検出したが、これに代えて、研磨開始直後における回転トルクの値つまり回転トルクのピーク値を検出してもよい。この方法は、例えばBPSG膜等の柔らかい膜を短時間で研磨する場合、つまり回転トルクが定常状態になる前に研磨が終了するような場合に有効である。

【0094】また、第5及び第6の実施形態においては、研磨パッド103の研磨面に対して初期ドレッシングを行なって研磨面を初期状態にした後に行なう1回目の研磨における回転トルクを初期回転トルクとしたが、これに代えて、実験又は計算によって求めた回転トルクを設定回転トルクとし、測定された回転トルクと設定回転トルクとを比較してもよい。

【0095】

【発明の効果】第1の化学的機械研磨装置によると、基板に対する研磨の進行に伴って研磨パッドの研磨面に目詰まりが起きて研磨レートが低下し始めると、トルク検出手段が検出する回転トルクが所定値以下になり、ドレッサー制御手段がドレッサーを駆動して研磨パッドをドレッシングさせるため、研磨パッドの研磨面の目詰まりが解消して、基板と研磨パッドとの間に介在する研磨剤の量が増加するので、研磨レートの低下が防止される。従って、基板間における研磨レートのばらつきを防止することができる。

【0096】第2の化学的機械研磨装置によると、基板に対する研磨の進行に伴って研磨パッドの研磨面に目詰まりが起きて研磨レートが低下し始めると、トルク検出手段が検出する回転トルクが所定値よりも小さくなり、ドレッサー制御手段がドレッサーの回転速度、ドレッサーの研磨パッドに対する押圧力及びドレッサーが研磨パッドをドレッシングする時間のうちの少なくとも1つを増加させるため、研磨パッドの研磨面の目詰まりが解消して、基板と研磨パッドとの間に介在する研磨剤の量が増加するので、研磨レートの低下が防止される。従って、基板間における研磨レートのばらつきを防止することができる。

【0097】第1又は第2の化学的機械研磨装置が、回転トルク積分値が所定値に達したときに、基板ホルダーが保持した基板を研磨パッドに押し付けて研磨する動作を停止させる研磨制御手段を備えていると、回転トルク積分値は基板に対する研磨量に相当するため、基板間での研磨量のばらつきを低減できるので、設計通りの研磨を確実にこなうことができる。

【0098】第1の化学的機械研磨方法によると、基板に対する研磨の進行に伴って研磨パッドの研磨面に目詰まりが起きて研磨レートが低下し始めると、トルク検出

工程において検出される回転トルクが所定値以下になり、研磨パッドに対してドレッシングが行なわれるため、研磨パッドの研磨面の目詰まりが解消して、基板と研磨パッドとの間に介在する研磨剤の量が増加するので、研磨レートの低下が防止される。従って、基板間における研磨レートのばらつきを防止することができる。

【0099】第2の化学的機械研磨方法によると、基板に対する研磨の進行に伴って研磨パッドの研磨面に目詰まりが起きて研磨レートが低下し始めると、トルク検出工程において検出される回転トルクが所定値よりも小さくなり、ドレッサーの回転速度、ドレッサーの研磨パッドに対する押圧力及びドレッサーが研磨パッドをドレッシングする時間からなる処理条件のうちの少なくとも1つが増加するため、研磨パッドの研磨面の目詰まりが解消して、基板と研磨パッドとの間に介在する研磨剤の量が増加するので、研磨レートの低下が防止される。従って、基板間における研磨レートのばらつきを防止することができる。

【0100】第1又は第2の化学的機械研磨方法が、回転トルク積分値が所定値に達したときに、研磨工程において基板を研磨する動作を停止させる研磨停止工程を備えていると、回転トルク積分値は基板に対する研磨量に相当するため、基板間での研磨量のばらつきを低減できるので、設計通りの研磨を確実にこなうことができる。

【0101】第2の化学的機械研磨方法において、ドレッサー制御工程が、トルク検出工程において検出された回転トルクが所定値とほぼ等しいときに、処理条件を変更しない工程を含むと、研磨パッドに対するドレッシングに速やかに移行することができる。

【0102】第2の化学的機械研磨方法において、ドレッサー制御工程が、処理条件を増加させた後にトルク検出工程において検出された回転トルクが所定値よりも小さいときには、増加した処理条件をさらに増加させる工程を含むと、基板に対する研磨がさらに進行して研磨パッドの研磨面に再び目詰まりが起きた場合でも、研磨パッドの研磨面を初期状態に戻すことができるので、基板間における研磨レートのばらつきを防止することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態に係る化学的機械研磨装置の全体構成図である。

【図2】本発明の第1の実施形態に係る化学的機械研磨方法により、複数枚の基板に対して順次研磨を行なった場合における研磨定盤の回転トルクの波形を示す図である。

【図3】本発明の第2の実施形態に係る化学的機械研磨装置の全体構成図である。

【図4】本発明の第3の実施形態に係る化学的機械研磨装置の全体構成図である。

【図5】本発明の第4の実施形態に係る化学的機械研磨

21

装置の全体構成図である。

【図6】本発明の第4の実施形態に係る化学的機械研磨方法において、回転トルク値を積分する方法を説明する図である。

【図7】本発明の第5の実施形態に係る化学的機械研磨方法において、ドレッシング及び研磨を行なうタイミング並びに研磨時の回転トルクについて説明する図である。

【図8】本発明の第5の実施形態に係る化学的機械研磨方法において、研磨工程での回転トルク及びドレッシング工程での処理時間について説明する図である。

【図9】本発明の第6の実施形態に係る化学的機械研磨方法において、研磨工程での回転トルク及びドレッシング工程での荷重について説明する図である。

【図10】従来の化学的機械研磨装置の概略図である。

【図11】本発明の解決原理を説明する図であって、基板に対する研磨工程の直前に研磨パッドに対してドレッシングを行なった場合における回転トルク信号波形を示す図である。

【図12】本発明の解決原理を説明する図であって、基板に対する研磨工程の直前に研磨パッドに対してドレッシングを行なった後に、複数枚の基板に対して順次研磨

22

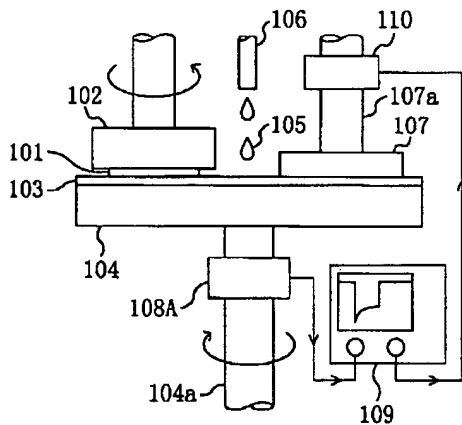
を行なったときの回転トルク信号波形を示す図である。

【図13】本発明の解決原理を説明する図であって、基板の処理枚数と研磨レートとの関係を示す図である。

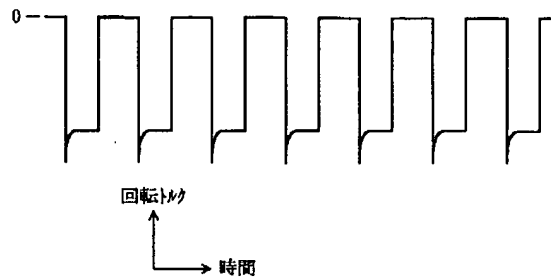
【符号の説明】

- 101 基板
- 102 基板ホルダー
- 102a 基板ホルダーの回転軸
- 103 研磨パッド
- 104 研磨定盤
- 104a 研磨定盤の回転軸
- 105 研磨剤
- 106 研磨剤供給管
- 107 ドレッサー
- 107a ドレッサーの回転軸
- 108A トルク検出装置
- 108B トルク検出装置
- 108C トルク検出装置
- 109 トルクモニター
- 110 ドレッサー制御手段
- 111 研磨制御手段
- 112 研磨停止信号

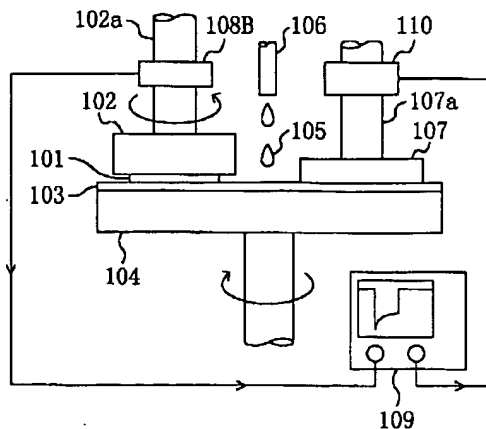
【図1】



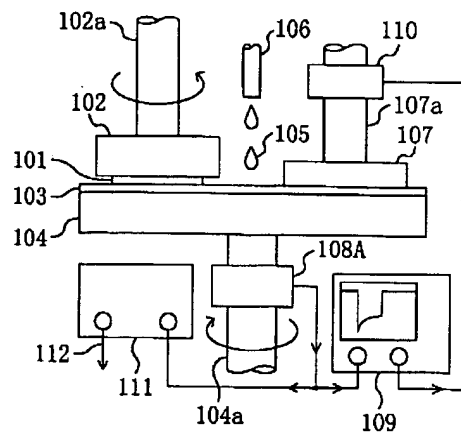
【図2】



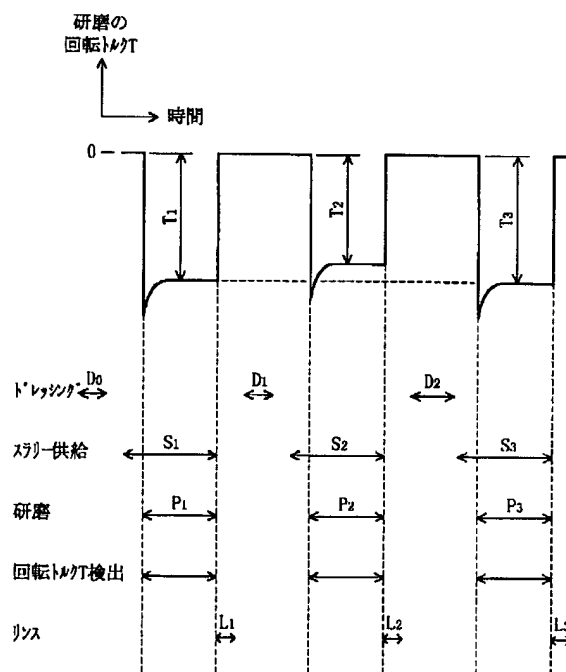
【図3】



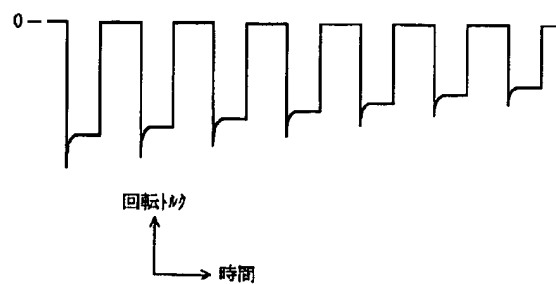
【図5】



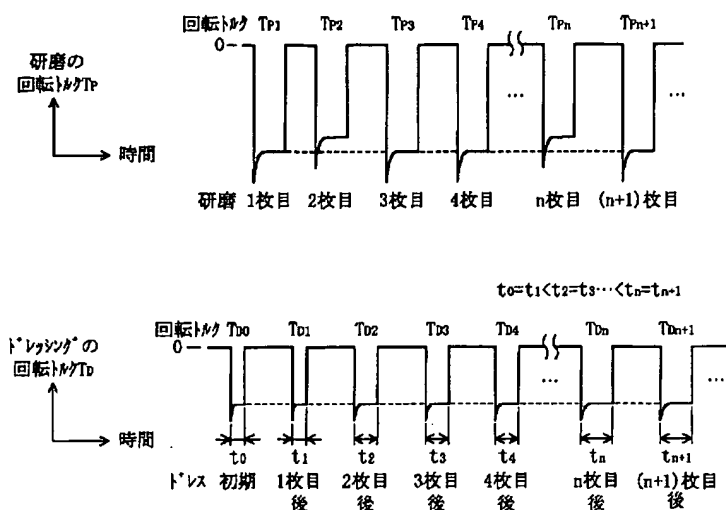
【図7】



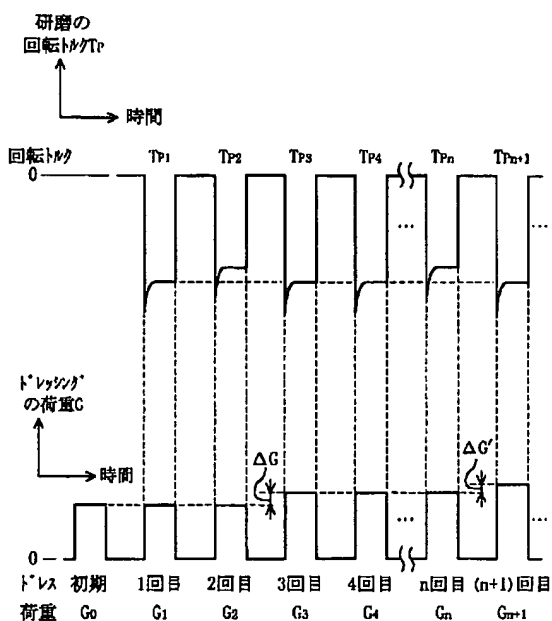
【図12】



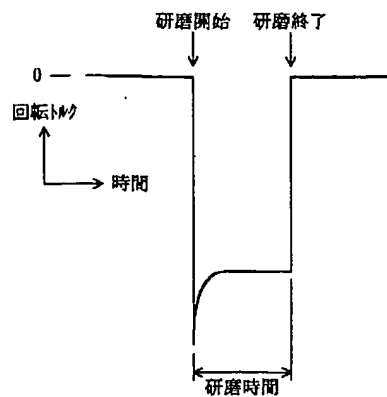
【図8】



【図9】



【図11】



【図13】

